

УДК 669.293:539.4

Д. В. Прохоров*, Б. А. Гнесин, И. Б. Гнесин, М. И. Карпов

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка

*prohorov@issp.ac.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ, УПРОЧНЕННЫХ КАРБИДАМИ НИОБИЯ

В работе представлены исследования структуры и механических свойств сплавов, упрочненных карбидами ниобия, при температурах 20–1500 °С. Показано, что механические свойства исследуемых сплавов превосходят свойства высоколегированных сплавов системы Nb–Si. Сплавы продемонстрировали более высокие, чем сплавы системы Nb–Si, кратковременную и 100-часовую прочность при температуре 1500 °С. Вместе с тем установлено, что сплавы обладают низкой трещиностойкостью.

Ключевые слова: карбиды, высокотемпературная прочность, кратковременная прочность, механические свойства, ползучесть, трещиностойкость.

D. V. Prokhorov, B. A. Gnesin, I. B. Gnesin, M. I. Karpov

POSSIBILITIES FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW GENERATION OF HEAT-RESISTANT ALLOYS STRENGTHENED BY NIOBIUM CARBIDES

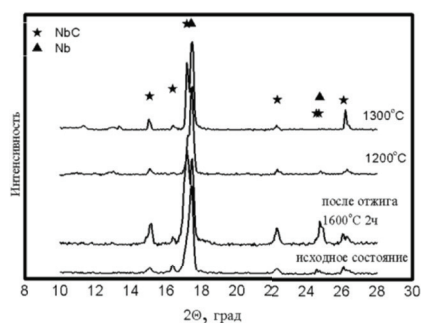
The paper presents studies of the structure and mechanical properties of alloys hardened with niobium carbides at temperatures of 20–1500 °C. It is shown that the mechanical properties of the studied alloys are superior to the properties of high-alloyed alloys of the Nb–Si system. The alloys demonstrated higher short-term and 100-hour strengths than Nb–Si system alloys at a temperature of 1500 °C. However, it was found that the alloys have low crack resistance.

Key words: carbides, high temperature strength, short-term strength, mechanical properties, creep, crack resistance.

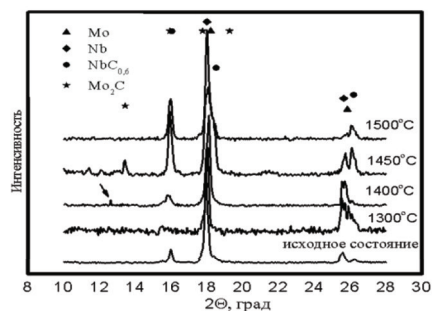
В настоящей работе образцы сплавов Nb80C20 и Nb40Mo40C20 (ат. %) получали в два этапа. На первом исходные сплавы выплав-

ляли методом электронно-лучевой вакуумной плавки в ручьевом медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. На втором этапе полученные заготовки подвергали вакуумной электронно-лучевой зонной плавке с двукратным перемещением зоны вдоль оси заготовки.

Микроструктуры всех исследованных образцов типичны для эвтектических сплавов системы Nb—C с концентрацией углерода выше эвтектической. Неожиданным является только результат относительно наличия или отсутствия фазы Nb₂C в структуре сплава Nb80C20. В соответствии с равновесной диаграммой состояния Nb—C фаза Nb₂C должна присутствовать в сплаве по меньшей мере в виде первичных заэвтектических дендритов. Ее отсутствие по данным рентгеноструктурного анализа (рис. 1) может быть объяснено высокой скоростью (4 мм/мин) перемещения зоны при электронно-лучевой плавке.



а



б

Рис. 1. Рентгенограммы сплавов:

а — Nb80C2, б — Nb40Mo40C2

Механические свойства сплава Nb80C20 при кратковременных испытаниях и при испытаниях на ползучесть несколько ниже, чем высоколегированных эвтектических сплавов на основе системы Nb—Si в аналогичных условиях. Однако значительно лучшие свойства в высокотемпературной области показал легированный молибденом сплав Nb40Mo40C20 (рис. 2, а). В частности, его 100-часовая прочность (рис. 2, б) при температуре 1500 °С вдвое выше, чем высоколегированных сплавов системы Nb—Si при 1300 °С.

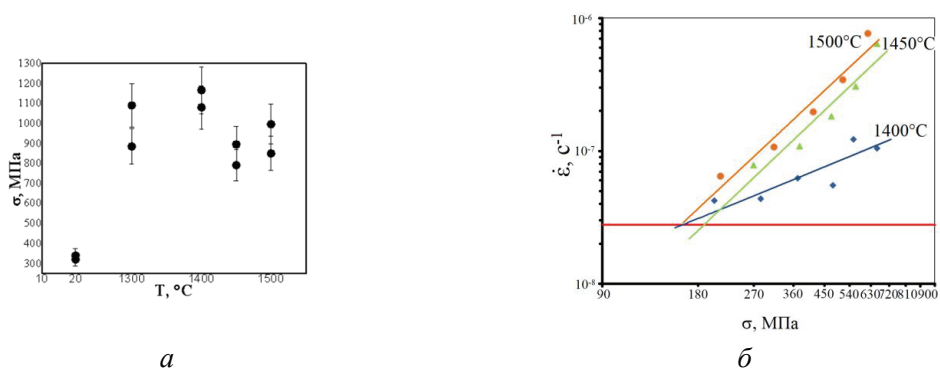


Рис. 2. Механические свойства сплавов:

a — зависимость предела кратковременной прочности от температуры испытания Nb40Mo40C2 сплава, *б* — оценка зависимости скорости деформации ползучести от напряжения при различных температурах испытания для сплава Nb40Mo40C20

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 19–02–00434 А.